

**UM MÉTODO DETERMINATIVO DA CAPACIDADE DE PRODUÇÃO
DOS POÇOS TUBULARES APLICADO
NO AQUIFERO CAIUÁ
Região Noroeste do Estado do Paraná.**

Ernani Francisco da Rosa Filho

SUREHMA/SASUB — Superintendência dos Recursos
Hídricos e Meio Ambiente/Serviço de Águas Subterrâneas

ABSTRACT

This paper presents the methodology, used to reevaluate the maximum permissible exploration capacity in deep wells of the Caiuá aquifer, of the north-western part of the State of Paraná, as well as an analysis of the effects concerning the yield of each well due to over-pumping.

The described method is applicable to screen and packing bearing wells, being fit to appord to each unit a continous and stable yield in the most larger possible period.

1. INTRODUÇÃO

O método de determinação aplicado se resume nas soluções compatíveis com a lei de Darcy. Está, portanto, basicamente fundamentado em limitações de velocidades de fluxos de tal forma que a água ao se engendrar pelos pré-filtros e filtros se mantenha em regime laminar. Naturalmente que havendo participação de elementos determinados em laboratórios, os resultados finais estão sujeitos a variações. Outro aspecto importante diz respeito ao posicionamento do nível dinâmico para uma condição de regime de bombeamento contínuo, este por sua vez condicionado em função da descarga extraída e não de aparente disponibilidade apresentada pela câmara de bombeamento. Aliás, esta foi a causa principal nas distorções das vazões de exploração até então recomendadas.

2. METODOLOGIA

2.1 CONCEITUAÇÕES FUNDAMENTAIS

Os fluxos da água ao se aproximarem de um poço em bombeamento movem-se através de sucessivas secções cilíndricas que apresentam áreas abertas cada vez menores. Em conseqüência, como a velocidade da água aumenta gradativamente, o gradiente hidráulico cresce.

Os fundamentos baseados na lei de Darcy se referem a um regime de fluxo laminar, definido através do Número de Reynolds que é a relação entre as forças de inércia e as forças viscosas. Matematicamente tem a seguinte expressão:

$$Re = \frac{v \cdot d_{50} \cdot \rho}{\mu} \dots\dots\dots (1)$$

sendo,

- v = velocidade de fluxo (cm/s).
- d_{50} = tamanho médio das partículas (cm).
- ρ = densidade da água (g/cm³).
- μ = viscosidade dinâmica (considerada igual a 0.01 poise (dinas-s/cm²)).

O valor máximo de Re caracterizante do regime laminar pode chegar a 4 (De Wiest, 1965, p.178; Muskat, 1937, p.67; Schneebi, 1966, p.34-35; Whright, 1980. In: Hidrologia Subterrânea. Barcelona, Omega, 1976. vl. p.454-455. Para Har (1962) , o número de Reynolds se limita a 1.

As águas subterrâneas que circulam por um meio poroso estão diretamente influenciadas pela porosidade eficaz. Este fator converte a velocidade aparente, v, da equação (1) para a velocidade real efetiva, v_e , que é representada pela seguinte expressão:

$$v_e = \frac{KI}{m_e} \dots\dots\dots (2)$$

sendo,

- K = coeficiente de permeabilidade (cm/s).
- I = perda de carga por unidade de longitude (adimensional).
- m_e = porosidade eficaz.

O significado da velocidade quando determinada em função da vazão assume a forma apresentada abaixo. A sua representatividade é tal como a da expressão (2).

$$v_e = \frac{Q}{A \cdot m_e} = \frac{KI}{m_e}$$

2.2 APLICAÇÃO DO MÉTODO

Para fins de aplicação prática, se considera como velocidade o quociente da vazão que passa por uma certa superfície perpendicular ao fluxo pela área total da mesma. Significa, pois, que o componente A da relação acima, quando referido ao poço, representa o produto do diâmetro do furo em relação à espessura aquífera com o número grego Π , que em conjunto representa toda a extensão por onde a água circula. A expressão matemática passa a ser a seguinte:

$$v_c = \frac{Q}{\Pi \cdot d_p \cdot b_s} \dots\dots\dots (3)$$

sendo,

- v_c = velocidade máxima de fluxo no espaço do pré-filtro (cm/s).
- Q = vazão da descarga (cm³/s).
- d_p = diâmetro do furo (cm).
- b_s = espessura da camada aquífera (cm).

Foi estabelecido por Sichardt que a velocidade máxima, a partir do qual o regime de fluxo deixa de ser laminar, oscila em torno de $\sqrt{K}/15$. Retornando a equação (2) se verifica que esta velocidade está diretamente relacionada com a capacidade que o meio tem de circular a água, com o gradiente hidráulico e com a porosidade eficaz. Portanto, a exclusão da porosidade eficaz na equação (3) é aparente. Ela está implícita na proposição apresentada pelo autor op.cit.

Esses mesmos fluxos após circularem pelo pré-filtro se engendram pelas áreas abertas dos filtros. Dependendo da extensão, diâmetro e abertura dos mesmos as velocidades podem ultrapassar os limites que regem os regimes laminares. Portanto, nesta operação deve ser acrescentado ao produto do elemento A da relação que representa a equação (2), a porcentagem da área aberta dos filtros e a

obstrução dos mesmos pelo pré-filtro. Matematicamente assume a seguinte expressão:

$$v_e = \frac{Q}{\Pi \cdot d_f \cdot h_s \cdot \alpha \cdot n_c} \dots \dots \dots (4)$$

sendo,

- v_e = velocidade máxima de fluxo nos filtros (cm/s).
- d_f = diâmetro dos filtros (cm).
- h_s = extensão dos filtros (cm).
- α = porcentagem de área aberta dos filtros.
- n_c = índice de obstrução dos filtros pelo pré-filtro (admitido igual a 0.5).

De acordo com Walton, a velocidade máxima da água nos filtros, v_e , deve ficar limitada em torno de \sqrt{K} . Vem confirmar, pois, que a velocidade da água tanto em (3) como em (4) está diretamente influenciada pela permeabilidade do aquífero. A sua correta determinação, portanto, é de supra importância.

Por conseguinte, a vazão máxima permissível de exploração de poços perfurados em aquíferos porosos e completados com pré-filtros e filtros está fundamentalmente condicionada às velocidades de fluxos. Neste contexto, o pressuposto é que a vazão máxima possível seja superior ou, no mínimo, igual a vazão permissível.

A outra envolvente que é função da vazão permissível diz respeito ao rebaixamento máximo disponível. Foi aqui estabelecido para o nível dinâmico um posicionamento máximo de 5m em relação ao topo da primeira secção filtrante.

As informações básicas que permitem este tipo de suposição são os dados obtidos no próprio ensaio de produção, preferencialmente quando constituídos de no mínimo três etapas de bombeamento com rebaixamentos específicos crescentes da primeira para a última etapa. O gráfico representativo relaciona as vazões com seus respectivos rebaixamentos observados e extrapolados, este último fonte do posicionamento do nível dinâmico para um regime de bombeamento contínuo.

As extrapolações são feitas para um período de 2 anos de bombeamento ininterrupto, sob a suposição de que ao final deste período a estabilização no interior do poço será alcançada. Para isto, porém, é necessário que se defina a relação matemática de cada curva em questão. No caso dos poços do aquífero Caiuá, e de acordo com o coeficiente de correlação, r , as referidas curvas se ajustam à relação logarítmica apresentada abaixo, a saber:

$$Y = b + a \log X \dots \dots \dots (5)$$

em que b , a e r correspondem as seguintes relações:

$$b = \frac{\sum Y \cdot \sum \log^2 X - \sum \log X \cdot (Y \cdot \log X)}{N \cdot \sum \log^2 X - (\sum \log X)^2} \dots \dots \dots (6)$$

$$a = \frac{N \cdot \sum (Y \cdot \log X) \cdot \sum \log X - \sum Y \cdot \sum X}{N \cdot \sum \log^2 X - (\sum \log X)^2} \dots \dots \dots (7)$$

$$r = \frac{N \cdot \sum (Y \cdot \log X) - \sum Y \cdot \sum X}{\sqrt{[N \cdot \sum \log^2 X - (\sum \log X)^2] [N \cdot \sum Y^2 - (\sum Y)^2]}} \dots \dots \dots (8)$$

sendo X o tempo e Y o rebaixamento.

Para facilitar a solução das referidas relações com ganhos de tempo pode-se utilizar de calculadoras programáveis. No caso dos poços analisados fez-se uso do programa "bivariate curve filling" da calculadora programável Texas TI-59, a qual apresenta a seguinte seqüência de passos:

Pressionar:

2nd Pgm 1 SBR CLR

X1 2nd log Xzt

Y1 2nd Σ+

X2 2nd log Xzt

Y2 2nd Σ+

Depois do último Y, pressionar:

2nd Op 12 e b será dado.

Xzt e a será dado.

2nd Op 13 e r será dado.

Uma outra parte ainda desta fase de análise é sobre as envolventes em termos de perdas de carga. É, na verdade, uma maneira de se detectar as deficiências construtivas de cada poço e uma forma de se verificar a eficiência dessas unidades em função do tempo de bombeamento. O somatório de sua expressão matemática apresentada a seguir deve ser coincidente com os resultados obtidos graficamente através da relação entre as vazões com seus respectivos rebaixamentos.

$$s_w = BQ + CQ^n \text{ (Rorabaugh) } \dots\dots\dots (9)$$

sendo,

s_w = rebaixamento total.

BQ = perda de carga por circulação aquífero.

CQ^n = perdas singulares.

A determinação dos componentes B, C e n foram aqui calculados pelo método analítico (Manoel Fº). Para isto os dados básicos eram constituídos de três etapas de bombeamento com vazões distintas e tempos iguais, sob a condição de que os rebaixamentos específicos da primeira para a terceira etapa eram crescentes. No primeiro passo foi calculado um valor correspondente a relação $s_{w1}/Q_1 - s_{w2}/Q_2 / s_{w1}/Q_1 - s_{w3}/Q_3$ que é denominado M. Posteriormente, se calculou um valor chamado α , da relação Q_2/Q_1 , assim como β de Q_3/Q_1 e K de $\log\alpha/\log\beta$. O valor de K sempre foi maior que o de M. Se não fosse assim, um dos testes teria que ser rejeitado. No passo seguinte foi calculado a equação transcendente Z, expressa como sendo, $Z^K = MZ + 1 - M$, que equivale a $Z = 1/(M(Z^K + M - 1))$. O valor de n foi obtido da fórmula $1 + \log z / \log \beta$. Uma vez calculado n, se extraiu o valor de C da relação $s_{w1}/Q_1 - s_{w2}/Q_2 / Q_1^{n-1} - Q_2^{n-1}$. Finalmente, o valor de B foi obtido pela relação $s_{w1}/Q_1 - CQ_1^{n-1}$.

O diagrama dilogarítmico com a vazão (ordenada) em relação ao rebaixamento (abcissa), denominado curva característica, pode apresentar ou não proporcionalidade. No caso da expressão (9), pelo fato de representar uma relação parabólica ou exponencial, a proporcionalidade direta não existe. A reta representativa da curva tem, por conseguinte, origem na expressão apresentada a seguir, que por sua vez vem da função $y = ax^n$ estabelecida por Gosselin a partir de $Q = X\Delta^\alpha$.

$$\log y = n \log x + \log a \dots\dots\dots (10)$$

substituindo x, y, n e a por seus valores fica:

$$\log Q = \alpha \log \Delta + \log C \dots\dots\dots (11)$$

Por Castany foi estabelecido que a lei de Darcy é obedecida quando a reta resultante da citada relação possui um ângulo de 45º, com sua pendente igual

a 1, uma vez que α é igual a tangente desta reta. Na prática, contudo, ficou evidenciado que mesmo com tais ângulos ocorreu do fluxo se encontrar em regime não laminar. Portanto, somente em função destas curvas não se pode estabelecer as mudanças dos regimes de fluxos. Aliás, a desconsideração deste fato, sem as nítidas variações esperadas nas pendentes das curvas foi o motivo principal das distorções nas interpretações finais.

Tais considerações reforçam, pois, que o dimensionamento da vazão de exploração somente em função do rebaixamento com o posicionamento dos filtros é falso. O rebaixamento que é função da vazão e não o contrário!

Finalizando, seguindo as orientações das expressões (3) e (4) muito mais facilmente se pode projetar outras unidades de captação em função de demandas específicas. Aliás, nesse sentido, destaca-se o poço-04 de Altônia onde se obteve um rendimento de 30% a mais com o custo de 60% a menos em relação às demais unidades de captação da cidade referida. No quadro 01 consta o demonstrativo de custos do poço projetado e na fig.02 o perfil litológico/construtivo.

2.3 OBSERVAÇÕES EXPERIMENTAIS

2.3.1 RESPOSTAS ANALÍTICAS

Seguindo as orientações explícitas pelas equações (3) e (4), no quadro 02 são apresentadas as resultantes referenciadas também na expressão (1). Tais informações são comparativas, por enquanto sem maiores preocupações quanto ao posicionamento do nível dinâmico. Como limites de velocidades adotou-se os critérios propostos por Walton e Scharidt. Para fins de cálculo admitiu-se para a viscosidade dinâmica (μ) um valor igual a 1×10^{-2} poise (dinas-s/cm²), para a densidade da água (ρ) um valor igual a 1 g/cm^3 , para a porosidade eficaz (m_e) 0.1 e para o tamanho médio das partículas do Caiuã (d_{50}) 2.2×10^{-2} cm.

O acentuado declínio destacado no rendimento dos 9 poços analisados teve como causa principal o excesso de velocidades de fluxo imposta principalmente nos filtros. Tais poços, sublinhados no referido quadro, mostram que na relação entre as colunas II e X houve um acréscimo de velocidade que variou de 1.5 até 6 vezes do seu limite máximo. No pré-filtro também foi ultrapassado o limite, mas de forma menos acentuada. Comparando as colunas VI e XII observa-se que estas variações são bastante elevadas. Estes poços, mais especificamente os de Inajã-01 e Pérola-01, por este motivo já foram inclusive desativados. Nos demais, o decréscimo da capacidade específica com o tempo de bombeamento é marcante, e por isto sofrem acentuadamente a mesma tendência.

A finalidade de tais comparações não é estabelecer o limite exato do Número de Reynolds. Pretende-se, isto sim, mostrar e ao mesmo tempo prevenir que os poços explorados sob vazões superiores ao estabelecido em conjunto pelas colunas III e IV tendem a sofrer mais rapidamente declínios nos seus rendimentos. Como exemplos destacam-se os poços de Inajã-02, Nova Olímpia-02 e Pérola-02 e 03. As vazões por eles produzidas causam um incremento de Reynolds quando os fluxos circulam pelo pré-filtro que variam de 1.3 a 2 vezes, e ao penetrarem pelos filtros esta variação cresce de 1.4 até 2.4 vezes.

Em contrapartida, nos poços em que as vazões extraídas foram mantidas dentro da sua real capacidade de produção tais problemas não foram detectados. Notou-se, inclusive, até aumentos das capacidades específicas por desenvolvimentos progressivos. Como exemplos destacam-se os poços de Altônia-01, 02 e 03, Diamante do Norte-01, Icaraíma-01, Maria Helena-02, Porto Rico-01 e São João-02. Os três primeiros poços, em especial, explorados sob velocidades levemente superiores às da coluna I, e conseqüentemente com pequenos acréscimos nos valores da coluna XII em relação aos da coluna VI não ocorreu quedas de rendimentos. Os outros poços desta relação apresentam não somente valores das colunas I e II, bem como refletem tal similaridade entre as colunas XII e XI em relação às VI e V.

QUADRO Nº 01

Características Construtivas		Poço 01	Custos *(Cr\$)	Poço 02	Custos *(Cr\$)	Poço 03	Custos *(Cr\$)	Poço 04	Custos *(Cr\$)		
Ø (pol.)		12" 8"	- -	12" 8"	- -	12" 8"	- -	10"	-		
Perfuração	Ext. (m)	116.0 10.0	939.6 60.7	122.0 43.0	988.2 261.0	118.0 28.0	955.8 169.9	100.0	759.0		
		litol. Arenit.	-	Arenit.	-	Arenit.	-	Arenit.	-		
COLUNA INTERNA	Câmara de bombeamento	Revestimento	Ø (pol.)	8"	-	8"	-	8"	-	6"	-
			Ext. (m)	60.7	655.6	51.54	556.6	76.20	822.9	65.0	393.3
			tipo	galv.	-	galv.	-	galv.	-	galv.	-
	Secção filtrante	Revestimento	Ø (pol.)	8"	-	8"	-	8"	-	4"	-
			Ext. (m)	26.0	280.8	39.96	431.6	41.60	449.3	12.0	61.2
			tipo	galv.	-	galv.	-	galv.	-	galv.	-
		Filtros	Ø (pol.)	8"	-	8"	-	8"	-	4"	-
			Ext. (m)	30.0	964.5	30.0	964.5	21.0	675.1	33.0	613.8
			tipo	Espir. (galv.)	-	Espir. (galv.)	-	Espir. (galv.)	-	Espir. (galv.)	-
		abert. (mm)	0.25	-	0.50	-	0.5	-	0.75	-	
	Pré-filtro	Interv. (m)	3 - 55 55 - 116	-	1 - 32 32 - 121	-	25 - 138	-	20 - 110	-	
		granul. (mm)	1.5 >2.0	-	>2 1 - 2	-	1 - 2	-	1 - 2	-	
Vol. (m ³)		3.5	47.6	9.0	122.4	6.0	81.6	2.0	27.2		
Cimentação	Vol. (m ³)	0.5	7.5	0.5	7.5	1.2	18.0	1.2	18.0		
Custo total (Cr\$)		2.956.300,00		3.331.800,00		3.172.600,00		1.872.500,00			
Vazão (m ³ /h)		16.0		17.35		20.0		23.0			
* Multiplicar por 10 ³											

QUADRO 02	L O C A L I D A D E S	Poço nº	PARÂMETROS HIDRODINÂMICOS PONTUAIS			VEL. MAX. RECOMEND.		VAZ. MAX. RECOMEND.		Nº DE REYNOLDS	
			T (x10 ⁻⁶ m ² /s)	bs=hs (m)	K (x10 ⁻⁵ m/s)	I $\sqrt{k}/15$ (x10 ⁻³ m/s)	II \sqrt{K} (x10 ⁻³ m/s)	III Eq. (3) m ³ /h	IV Eq. (4) m ³ /h	V C/ I	VI C/ II
	Altônia	01	5.92	30.0	1.97	2.96	4.44	30.64	15.29	0.065	0.977
	Altônia	02	5.92	30.0	1.97	2.96	4.44	30.63	27.52	0.065	0.977
	Altônia	03	4.14	21.0	1.97	2.96	4.44	21.44	19.27	0.065	0.977
	Pentópolis	01	4.37	21.0	2.08	3.04	4.56	22.00	11.00	0.067	1.003
	Cidade Gaúcha	01	3.10	18.0	1.72	2.76	4.15	17.14	8.57	0.060	0.913
	Cedro	01	1.21	12.0	1.01	2.12	3.18	8.77	5.90	0.047	0.700
	Diamante do Norte	01	1.95	24.0	8.12	6.01	9.01	49.75	72.00	0.132	1.982
	Douradina	01	2.43	15.0	1.62	2.68	4.02	13.87	9.33	0.059	0.884
	Douradina	02	2.43	15.0	1.62	2.68	4.02	13.87	12.96	0.059	0.884
	Icaraíma	01	4.85	49.0	9.9x10 ⁻⁶	2.10	3.14	35.49	54.75	0.046	0.069
	Ivatê	01	3.12	15.0	2.08	3.04	4.56	15.73	10.58	0.067	1.000
	Inajá	01	3.56	24.6	1.45	2.54	3.81	22.75	18.90	0.060	0.840
	Inajá	02	2.17	15.0	1.45	2.54	3.81	13.14	8.84	0.056	0.840
	Maria Helena	02	3.09	30.0	1.03	2.14	3.20	22.14	27.55	0.047	0.700
	Nova Olímpia	01	3.15	30.00	1.05	2.16	3.24	22.35	11.16	0.047	0.710
	Nova Olímpia	02	3.14	30.0	1.05	2.16	3.24	27.85	20.08	0.047	0.710
	Nova Jerusalém	01	4.42	12.0	3.68	4.04	6.07	16.72	15.05	0.089	1.330
	Pérola	01	5.46	27.0	2.02	3.00	4.49	27.94	13.92	0.066	0.990
	Pérola	02	4.65	36.0	1.29	2.39	3.59	29.70	26.70	0.052	0.790
	Pérola	03	2.71	21.0	1.29	2.39	3.59	17.31	15.60	0.052	0.790
	Planaltina do Paraná	01	4.83	30.0	1.61	2.67	4.01	27.63	13.80	0.059	0.890
	Porto Rico	01	3.65	24.0	1.52	2.60	3.90	21.52	10.75	0.057	0.860
	Roberto Silveira	01	4.62	15.0	3.08	3.70	5.55	19.14	12.90	0.081	1.220
	Sta Cruz do Mte Castelo	01	7.19	42.0	1.71	2.76	4.13	40.77	19.90	0.061	0.910
	São João	01	2.38	40.0	5.95x10 ⁻⁶	1.63	2.44	19.11	22.10	0.036	0.540
	São João	02	1.96	21.0	9.33x10 ⁻⁶	2.04	3.05	14.77	13.76	0.045	0.670
	São Pedro do Paraná	01	9.10	24.0	3.79	4.10	6.16	33.94	16.97	0.090	1.350
	Uniflor	01	1.45	21.0	6.92x10 ⁻⁶	1.75	2.63	12.68	6.34	0.038	0.580
	Xambê	01	2.99	30.0	9.96x10 ⁻⁶	2.10	3.15	21.73	10.85	0.046	0.690

CONTINUA NA PRÓXIMA PÁGINA

QUADRO 02	Poço n°	PARÂMETROS HIDRODINÂMICOS PONTUAIS			PROD. REAL DE EXPLOR. VAZÃO		VELOCID. EXPLOR. Eq. (3)		Nº DE REYNOLDS c/ IX	
		T (x10 ⁻⁶ m ² /s)	bs=hs (m)	K (x10 ⁻⁵ m/s)	VII (m ³ /h)	VIII PERÍODO AP. meses	IX (x10 ⁻⁶ m/s)	X Eq. (4) (x10 ⁻³ m/s)	XI c/ IX	XII c/ X
L O C A L I D A D E										
Altônia	01	5,92	30,0	1,97	16,0	meses	1,55	4,64	0,034	1,021
Altônia	02	5,92	30,0	1,97	18,0		1,74	2,90	0,038	0,638
Altônia	03	4,14	21,0	1,97	20,0		2,76	4,60	0,061	1,012
Bentópolis	01	4,37	21,0	2,08	-	Inativo	-	-	-	-
Cidade Gaúcha	01	3,10	18,0	1,72	11,0*	19,0	1,77	5,32	0,039	1,170
Cedro	01	1,21	12,0	1,01	-	Inativo	-	-	-	-
Diamante do Norte	01	1,95	24,0	8,12	44,0	60,0	5,31	5,51	0,117	1,212
Douradina	01	2,43	15,0	1,62	-	Inativo	-	-	-	-
Douradina	02	2,43	15,0	1,62	-	Inativo	-	-	-	-
Icaraína	01	4,85	49,0	9,9x10 ⁻⁶	39,0	24,0	2,30	2,24	0,051	0,493
Ivaté	01	3,12	15,0	2,08	-	Inativo	-	-	-	-
Inajá	01	3,56	24,6	1,45	35,0	24,0	3,12	7,06	0,069	1,553
Inajá	02	2,17	15,0	1,45	24,0	12,0	4,64	1,03	0,102	2,266
Maria Helena	02	3,09	30,0	1,03	20,0	20,0	1,93	2,32	0,042	0,510
Nova Olímpia	01	3,15	30,0	1,05	20,0	78,0	1,93	5,81	0,039	1,278
Nova Olímpia	02	3,14	30,0	1,05	34,0	51,0	3,22	5,48	0,071	1,206
Nova Jerusalém	01	4,42	12,0	3,68	-	Inativo	-	-	-	-
Pêrola	01	5,46	27,0	2,02	72,0	2,0	7,73	2,32	0,1700	5,104
Pêrola	02	4,65	36,0	1,29	41,0	65,0	3,30	5,51	0,066	1,212
Pêrola	03	2,71	21,0	1,29	35,0	6,0	4,83	8,06	0,106	1,773
Planaltina do Paraná	01	4,83	30,0	1,61	11,0*	48,0	1,06	3,19	0,023	0,702
Porto Rico	01	3,65	24,0	1,52	9,5		1,15	3,45	0,025	0,759
Roberto Silveira	01	4,62	15,0	3,08	-	Inativo	-	-	-	-
Sta Cruz do Mte Castelo	01	7,19	42,0	1,71	32,5	14,0	2,20	6,74	0,048	1,483
São João	01	2,38	40,0	5,95x10 ⁻⁶	7,1*		6,05	8,38	0,013	0,184
Sao Joao	02	1,96	21,0	9,33x10 ⁻⁶	10,7		1,48	2,37	0,032	0,521
São Pedro do Paraná	01	9,10	24,0	3,79	10,0*	31,0	1,38	3,63	0,030	0,799
Uniflor	01	1,45	21,0	6,92x10 ⁻⁶	9,0*	12,0	1,24	3,73	0,027	0,821
Xambê	01	2,99	30,0	9,96x10 ⁻⁶	-	Inativo	-	-	-	-

OBS.: * Após ter permanecido em repouso por tempo superior a 6 meses.

Por sua vez, os poços que permaneceram inativos após a sua conclusão por um período superior a 6 meses tiveram reduções nas áreas abertas dos filtros por processos de colmatação. Estas unidades, representadas por Planaltina do Paraná-01, São João-01, São Pedro do Paraná-01 e Uniflor-01, necessitam de redesenvolvimento para que os valores das colunas I e II sejam verdadeiros. Com exceção do poço de Uniflor, aparentemente as velocidades das colunas IX e X estão enquadradas aos limites pré-estabelecidos. O caso dado como exceção foi prejudicado duplamente: por ter permanecido inativo e por produzir acima de sua capacidade mesmo para as condições originais.

Os poços concluídos há mais de 6 meses e que ainda não entraram em operação devem ser redesenvolvidos afim de que as áreas abertas dos filtros sejam totalmente liberadas. Portanto, para as condições atuais os valores especificados nas colunas III e IV são falsos uma vez que as velocidades reais serão superiores às das colunas I e II. Tais unidades estão representadas por Bentópolis-01, Cedro-01, Douradina-01 e 02, Ivaté-01, Nova Jerusalém-01, Roberto Silveira-01 e Xambê-01.

Finalizando, acrescenta-se que todos os poços relacionados no quadro em questão possuem uma câmara de bombeamento que varia de 22 a 74m. A utilização total de cada câmara, representada pela diferença do nível estático em relação ao topo dos filtros, foi causa principal dos efeitos mencionados.

2.3.2 RESPOSTAS GRÁFICAS

Complementando o que se propôs e assim dando por encerrado os resultados conclusivos desta análise, é apresentada ainda uma curva característica típica para justificar uma parcela das considerações feitas no subitem 2.2. Trata-se da curva característica do poço 01 de Cedro.

Neste gráfico, fig.03, em toda a extensão da reta com ângulo em torno de 45° não há nada que acuse mudança no regime de fluxo. Por isto, sem as considerações das expressões (3) e (4) e utilizando-se apenas do que seria o rebaixamento disponível, a vazão de exploração poderia ser interpretada como sendo 23 m³/h. A velocidade de entrada nos filtros, no entanto, estaria duas vezes acima do permitido, o que provavelmente causaria com o tempo de bombeamento queda da capacidade específica, tal como ocorreu na maioria dos poços no aquífero Caiuá assim até então interpretados.

Com relação ao posicionamento do nível dinâmico para qual for o regime de operação do poço, deve-se ter o cuidado para que o mesmo não ultrapasse o topo dos filtros superiores. Tem importância secundária, mas sempre sob a condição de que o rebaixamento máximo utilizado seja função da velocidade máxima permitível de entrada nos pré-filtros.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADMINISTRAÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS (ARH). Construção de poços tubulares. Curitiba, 1978.37 p.
- CASTANY, G. Tractado práctico de las águas subterrâneas. Barcelona, Omega, 1971. 672 p.
- CUSTÓDIO, E. & LLAMAS, M.A. Hidrogeologia subterrânea. Barcelona, Omega, 1979, 2 v.
- HANTUSCH, M.S. Aquifer tests on partially penetrating wells. Journal of the Hydraulic Division, p.171-195, out.1961.
- HUISMAN, L. Ground Water recovery. Delft, McGraw-Hill, 1972.340 p.
- RORABAUGH, M.I. Grafical and theoretical analysis of stepdrawdown tests of artesian wells. Trans. Am. Soc. Civil Engineers, 79:1-362, 1953.

TEXAS INSTRUMENTS. Programação, instrumentos de eficiência pessoal; manual para o Texas TI-59. s.l,1978. 240 p.

WALTON, W.C. Ground Water resource evaluation. New York, McGraw-Hill, 1970,664 p.

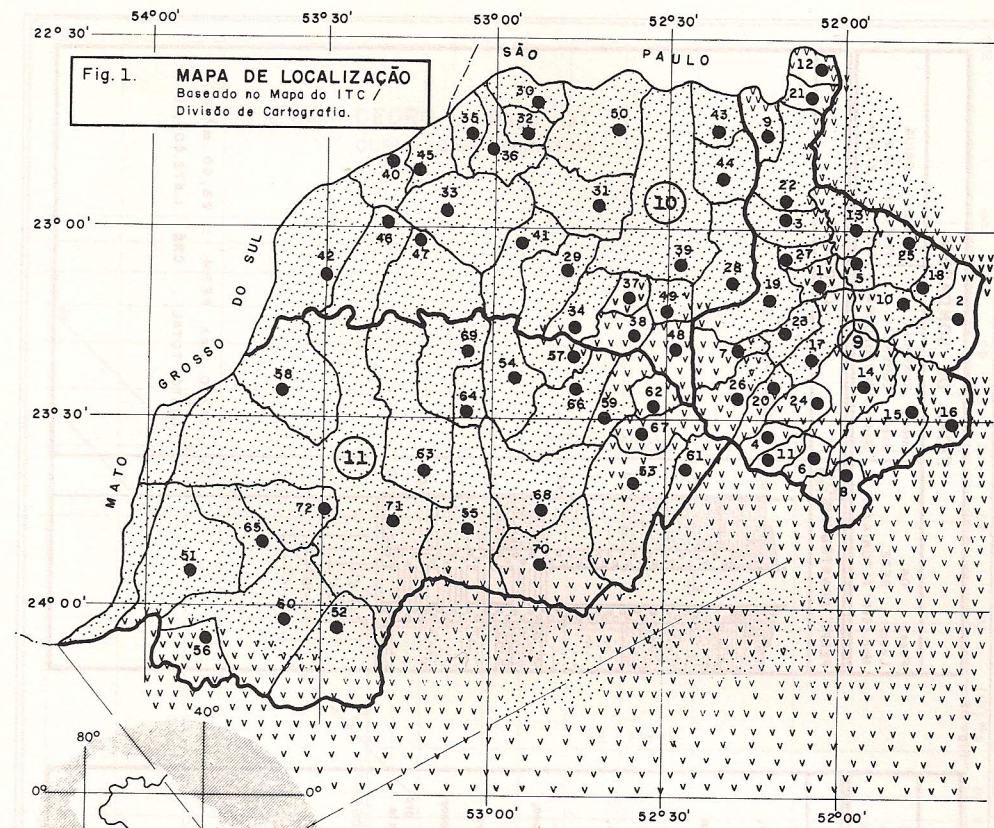
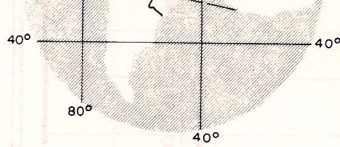


Fig. 1. MAPA DE LOCALIZAÇÃO
Baseado no Mapa do ITC
Divisão de Cartografia.



LEGENDA

- Sedes Municipais
- Limite de Micro Região
- Limite de Municípios
- Formação Caiuá
- Formação Serra Geral

10 km 0 10 20 km

M.R. 9	M.R. 10	M.R. 11
1 - ATALAIA	28 - ALTO PARANÁ	51 - ALTÔNIA
2 - ASTORGA	29 - AMAPORÁ	52 - ALTO PIQUIRI
3 - CRUZ. DO SUL	30 - DIAM. DO NORTE	53 - CIANORTE
4 - Dr. CAMARGO	31 - GUAIRACÁ	54 - CIDADE GAUCHA
5 - FLÓRIDA	32 - ITAÚNA DO SUL	55 - CRUZ. DO OESTE
6 - FLORESTA	33 - LOANDA	56 - FRANC. ALVES
7 - FLORAI	34 - MIRADOR	57 - GUAPOREMA
8 - ITAMBÉ	35 - MARILENA	58 - ICARAÍMA
9 - INAJÁ	36 - NOVA LONDRINA	59 - INDIANÓPOLIS
10 - IGUAÇAÚ	37 - NOVA AL. DO IVAÍ	60 - IPORÁ
11 - IVATUBA	38 - PARAÍSO DO NORTE	61 - JUSSARA
12 - JARDIM OLINDA	39 - PARANAÍ	62 - JAPURÁ
13 - LOBATO	40 - PORTO RICO	63 - MARIA HELENA
14 - MARINGÁ	41 - PLANALTINA	64 - NOVA OLÍMPIA
15 - MARIALVA	42 - QUERÊNCIA DO NORTE	65 - PÉROLA
16 - MANDAGUARI	43 - STO. ANT. DO CAIUÁ	66 - RONDON
17 - MANDAGUAÇU	44 - SÃO JOÃO DO CAIUÁ	67 - SÃO TOMÉ
18 - MUNHOZ DE MELO	45 - SÃO PEDRO	68 - TAPEJARA
19 - NOVA ESPERANÇA	46 - STA. C. DO M. CASTELO	69 - TAPIRA
20 - OURIZONA	47 - STA. ISABEL DO IVAÍ	70 - TUNEIRAS DO OESTE
21 - PARANAPOEMA	48 - SÃO CARLOS DO IVAÍ	71 - UMUARAMA
22 - PARANACITY	49 - TAMBOARA	72 - XAMBRE
23 - PRES. CAST. BRANCO	50 - TERRA RICA	
24 - PAIÇANDU		
25 - SANTA FÉ		
26 - SÃO JORGE DO IVAÍ		
27 - UNIFLOR		

Fig - 02

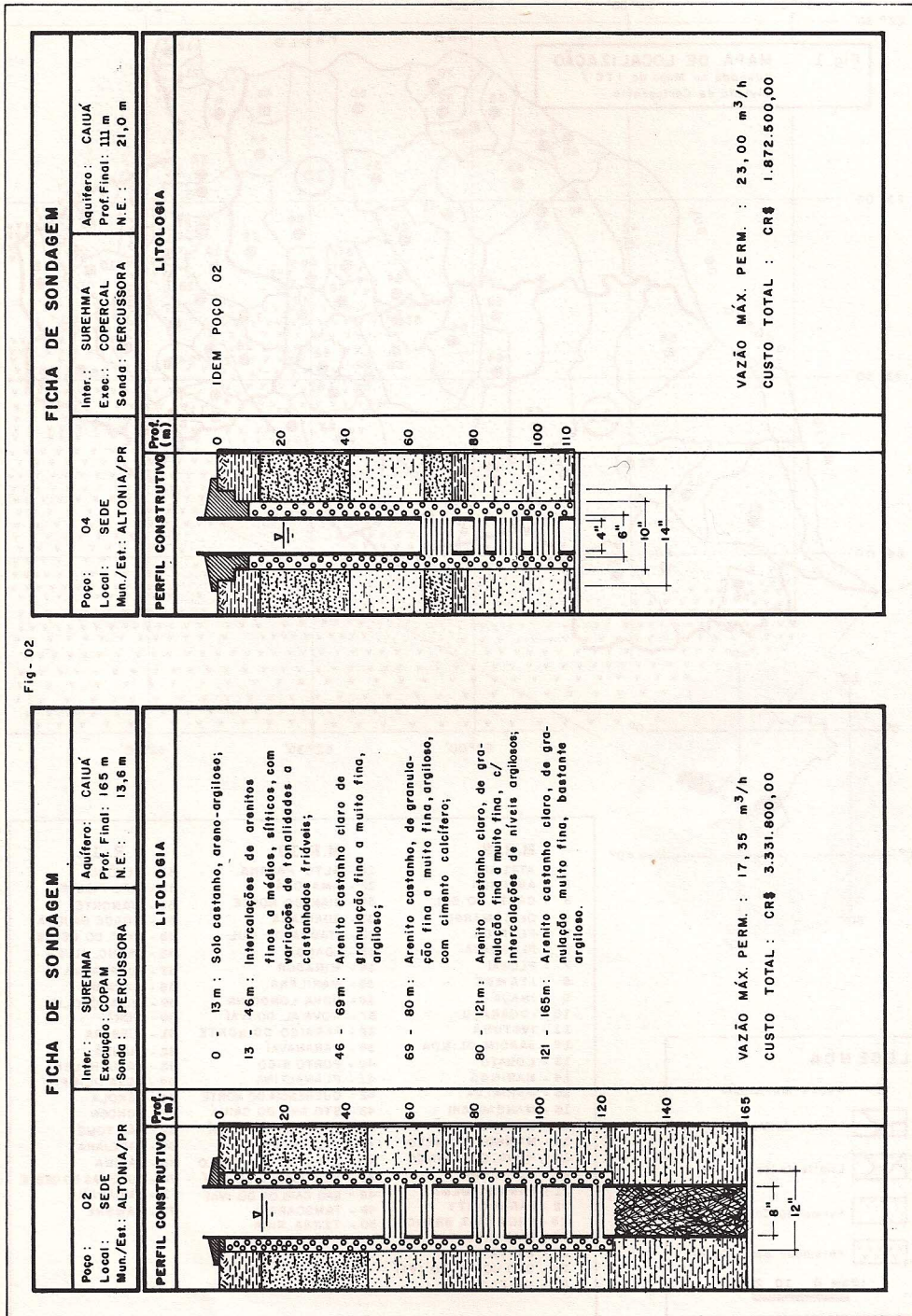


Fig. 03 - CEDRO - Poço 01
CURVA CARACTERÍSTICA

